広島県立総合技術研究所東部工業技術センター研究報告　No.20 p.21-26（2007）
技術ノート(N1)

ユーザ評価研究による家具開発支援

横山詔常，岡野　仁

Support of Furniture Development by the User Evaluation Study

YOKOYAMA Noritsune, OKANO Hitoshi

This paper reports two case studies that aimed to achieve accountability of user benefit about “usability” of “reducing physical workload” of in-house products.
1) User evaluation of support chair for stand up. 2) Evaluation study of beds by rolling over action.

自社製品の「使いやすさ」や「身体の負担軽減」というユーザベネフィットについて説明責任を果たすことを目的に，ユーザによる評価研究を実施した事例を2例報告する。
1）起立補助椅子のユーザ評価研究。2）寝返り動作におけるベッド評価研究。

キーワード：説明責任，ユーザベネフィット，ユーザ評価，開発支援

1. 事例1（起立補助椅子の補助効果評価）

1.1 研究の目的

株式会社中居木工が開発した「起立補助椅子」について，以下の内容にて，立ち上がりやすさの定量，定性評価を行い起立補助効果を検証する。その結果を製品改良に応用することを目的とする。

評価対象の椅子は，座面に配置したバネの反力により昇降する起立補助椅子3種類である。表記をハイタイプ，ロータイプ，スツールとする。図1にハイタイプとロータイプを示す。

図1　椅子の概要（左：ハイタイプ，右：ロータイプ）
各写真の左は座面上昇時，右は下降時

1.2 評価方法

1.2.1 ユーザ動作分析

公立みつぎ総合病院リハビリテーションセンターにて，試用評価を行い，ユーザの動作から起立補助機能の有効性，問題点について，専門家に対するインタビュー調査を行った。

評価実験の詳細は次のとおりである。

○日時：平成16年9月29日　14：00〜16：00
○場所:公立みつぎ総合病院リハビリテーションセンター
○方法：日常の使用を想定したシーン（洋室，和室）において，後期高齢者に立ち上がり動作，座り動作を行ってもらい，観察とビデオ撮影による動作を記録した。動作中の問題点や, ユーザならびに専門家の発話を抽出し，起立補助椅子の有用性と問題点，改善点をマトリクス形式にまとめた。また，専門家が施設利用者の自宅に椅子を持ち込み，試用評価を行った。実験当日その様子をビデオにて報告を受けた。
○モニタ：隣接する特別養護老人ホームに在住する後期高齢者の女性2名。ビデオ報告でのモニタは，介助がないと起立が困難な男性1名。
○専門家：公立みつぎ総合病院リハビリテーションセンターに勤務する作業療法士，理学療法士の合計3名。

1.2.2 関節モーメントによる評価

広島県立保健福祉大学（現：県立広島大学保健福祉学部）にて，赤外線反射式座標計測装置を用い，立ち上がり動作時の下肢関節モーメントの測定を行った。起立補助機能の有無による足関節，膝関節，股関節にかかる負担を検証した。

評価実験の詳細は次のとおりである。

○日時：平成16年9月16日　13：00〜17：00
○場所：広島県立保健福祉大学（人体動態研究室）
○方法：被験者の肩峰，股関節，膝関節，足関節，第5趾 MP 外側にマーカを付け，赤外線反射式座標計測装置(VICON）にて床反力計上での立ち上がり動作時における

2007.8.22 受理 技術支援部
*1 西部工業技術センター生産技術アカデミー製品設計研究部研究員
*2 西部工業技術センター生産技術アカデミー生産システム研究部研究員

関節位置等を計測した（**図 2**）。このシステムにより各体節の矢状面角度，関節位置，床反力を求め，リンクモデル計算により，立ち上がり動作中の股関節伸展，膝関節伸展，足関節底屈モーメントを算出し，起立補助機能の有用性を検証した。

○被験者:関節等に疾患のない健康な23歳の女性1名(身長 161.7cm，体重 51.3kg）。

○計測･解析:広島県立保健福祉大学理学療法学科 教授，講師，助手（理学療法士）の 3 名。

○椅子：肘掛や背もたれ等の影響を受けない，スツール（**図 2 右**）での起立補助機能を検証した。

図 2　実験風景

1.2.3 筋活動量による評価

広島県立東部工業技術センターにて，多用途生体アンプを用いた筋電位計測により，高齢者被験者の着座，起立時の筋活動量を算出し，起立補助機能の有無による筋負担を検証した。

評価実験の詳細は次のとおりである。

○日時：平成 16 年 10 月 5 日～7 日（9：00～12：00）

○場所：広島県立東部工業技術センター

○方法：高齢者の着座ならびに起立動作中の筋電位を計測した。筋電位は，多用途テレメータ（NEC 製，サイナアクト MT11）を用い，時定数 0.03sec，広域遮断フィルターOFF，サンプリング周波数 1kHz にてデータレコーダに記録した。得られたデータは，体動等のアーチファクトを除去するため，10Hz のハイパスフィルターをかけ全波整流後，積分値を求めた（以下 EMG データと呼ぶ）。各条件で固定時の EMG データを基準（100）とし，起立補助機能(バネ使用時)の EMG データを正規化した値(%EMG)を算出した。

○被検筋：内側広筋，大腿直筋，脊柱起立筋，上腕三頭筋。いずれも右足，右手側とした。

○被験者：62～64 才の男性 3 名。

○試行動作：ハイタイプ，ロータイプとも起立と着座の 2 動作について，固定条件（バネ利用なし）とバネ使用条件の 2 条件について行った。それぞれ 3 試行ずつ行い平均値を求めた。

1.3 研究結果

1.3.1 ユーザ動作分析

加齢に伴い，身体機能が衰えた高齢者に，想定した生活シーンの中で使用してもらうことで，現状の生活使用レベルでの検証ができ，以下のように，起立補助機能の有用性と問題点を把握することができた。

・この椅子の効果として，多少の訓練（学習）が必要であるが，介助によってしか起立できない人の起立が可能になった。特に座椅子の使用により，和室において他の人と目線が同じになることは，心理的に非常にプラスとなっている。

・高齢者の中には，身長体重が非常に低く軽い人がいるので，そのような人に対応する必要がある。（例えば，バネの力が強く座面が下がりきらない，座面が高く，足がしっかり床につかない，しっかり座れないので座り直しが必要であるが，座り直しでバネの力が効くと姿勢保持が困難…などに注意を払う）

・円背の人には，立ち上がり補助が強すぎると，前のめりになり転倒のおそれもある。

・着座時は，椅子に対して，上方斜めより肘掛けに手をつき体をあずけるため，特に畳の上では椅子自体が滑りやすい。

・和室での使用は座卓との関係が問題となる。椅子に座るために座卓と椅子の間に距離を設けるが，一旦座ってしまうと，椅子と机の間が開いているため，食事や読み書きなどを円滑に行えない。その対処法として，机の天板のスライドや椅子座面の旋回等の方法もある。

1.3.2 関節モーメントによる評価

関節モーメントの結果を**図 3** に示す。

○膝関節：バネ使用時における伸展方向の最大関節モーメントは，固定時の 40%程度の値であった。

○足関節：バネ使用時における底屈方向の最大関節モーメントは，固定時の 55%程度の値であった。

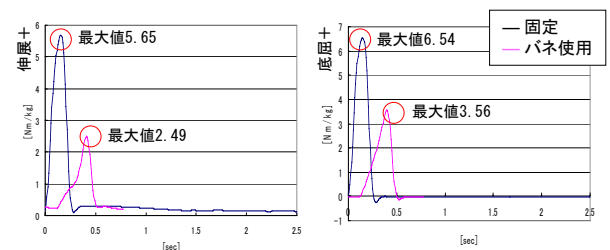



図 3　関節モーメント
（左:膝関節伸展モーメント，右：足関節屈曲モーメント）

以上より，起立補助機能の利用により，下肢の膝関節，足関節にかかるモーメントが低下し，関節への負担軽減が確認できた。

1.3.3 筋活動量による評価

図 4 に起立動作と筋電図の関係を示す。**図 5** に起立時の固定条件とバネ使用条件での筋電図の比較を示す。**図 6** にロータイプでの筋電（%EMG）結果を示す。

○ハイタイプ（着座）

・肘掛けなし：内側広筋，大腿直筋でバネ使用時（低）は固定時の 65%程度の筋活動量であった。

・肘掛けあり：内側広筋，大腿直筋でバネ使用時（低）は固定時の 70%程度の筋活動量であった。

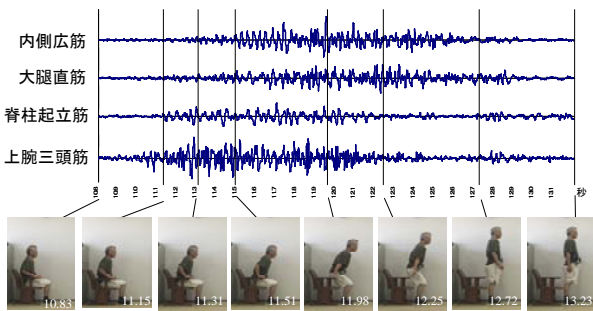



図４　動作と筋電図サンプル

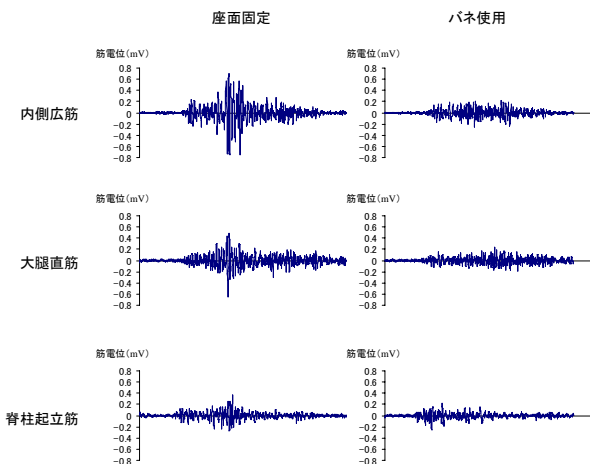



図５　起立時の筋電図比較例（ハイタイプ）

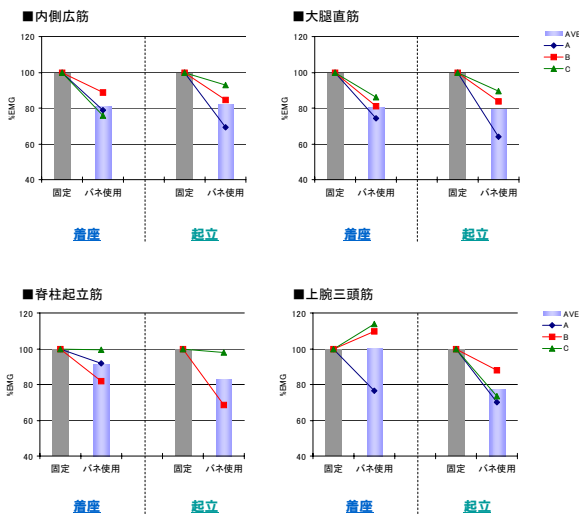



図６　%EMG の結果（ロータイプ）

○ハイタイプ（起立）

・肘掛けなし：内側広筋，大腿直筋でバネ使用時（低）は固定時の 65%～80%弱程度の筋活動量であった。脊柱起立筋でバネ使用時は固定時の 80%程度の筋活動量であった。

・肘掛けあり：内側広筋，大腿直筋でバネ使用時（低）は固定時の 80%程度の筋活動量であった。

○ロータイプ（着座）

・肘掛けなし：内側広筋，大腿直筋でバネ使用時は固定時の 80%～85%程度の筋活動量であった。脊柱起立筋でバネ使用時は固定時の 80%程度の筋活動量であった。

・肘掛けあり：内側広筋，大腿直筋でバネ使用時は固定時の 80%程度の筋活動量であった。

○ロータイプ（起立）

・肘掛けなし：内側広筋，大腿直筋でバネ使用時は固定時の 70%弱程度の筋活動量であった。

・肘掛けあり：内側広筋，大腿直筋，脊柱起立筋，上腕三頭筋でバネ使用時は固定時の 80%程度の筋活動量であった。

各椅子条件とも起立着座動作に発揮される大腿四頭筋（内側広筋，大腿直筋）の筋負担が，概ね 65～85%の範囲で軽減されている結果となった。主観評価にて得られた印象では「かなり楽になった」との意見を収集したが，この 2～3 割強の筋負担の軽減がそれを裏付けるものである。椅子条件で，バネ使用時（低）の方がバネ使用時（高）より筋負担が少ない結果になっているが，これは，実験の順序効果によるものだと考える。バネの起立補助機能への慣れによって，より負担のかからない着座起立動作が可能となると思われる。また，着座では膝の高さに近いバネ使用時（低）の方が座り易いとの意見もあった。

1.4 事例１のまとめ

製品の想定ユーザである高齢者は，加齢によって筋力の低下，バランスの不安定化などの運動機能の低下が現れる。加えて，骨や関節の変形や姿勢の異常により，立ち座りや歩行の動作に若者とは異なる特徴的な変化が現れる。この変化に対応する製品の一つとしての起立補助椅子が高齢者の特徴に適合しているか，膝関節に疾患のある人や筋力が衰えた人に対してどの程度の効果を有するかをユーザ動作分析，関節モーメントや活動量による評価を通じて検証を行った。

ユーザ動作分析では，リハビリ専門家と共にユーザの生活シーンでの適合度，有効性，問題点を検証し，小柄な人への対応や滑り防止，認知能力低下の人に対する挟み込み等の安全面の対処，座卓との相互関係による座椅子のあり方等の問題点から今後の改良点，新たな製品へのポイントが示唆された。

関節モーメントによる評価では，下肢の各関節にかかる負担を起立補助機能により 40～55%程度に軽減することが分かった。

筋活動量による評価では，着座，起立動作において，ハイタイプ，ロータイプ，スツールの起立補助機能により，下肢の筋負担が座面固定に比較して，概ね 65～85%程度に軽減していることが分かった。個人個人のデータで見ていくと 60%程度に軽減しているケースもあり，逆に 120%に増加しているケースもあった。実験での着座起立動作の条件設定やバネ式の機構への慣れが出てくれば，

もう少しばらつきの少ないデータが取得できるであろう。

ハイタイプ，ロータイプに関わらず，起立補助の機能性について定量化し，起立や着座動作をサポートすることが分かった。同時に，いくつかの問題点も把握できたので，この点に対しては，製品改良や取扱説明書への記載等 PL 法への対策が必要である。また，身体機能や身体寸法，体重など個人で異なるため，押し上げ力や押し上げ高さなど個人で調節できるよう，フレキシブルな対応が望まれる。ユーザの生活の中に取り入れられるためには，起立機能だけでなく，椅子としての座り心地も重要な要件であるので，起立補助と座り心地，両方のバランスが取れた製品となるよう検討する。

2. 事例 2（すのこマットの寝返り評価）

2.1 研究の目的

株式会社中居木工が開発中の「ひのきすのこマット」について，以下の内容にて，寝返り動作のしやすさ，並びに寝心地について定性・定量評価実験を行い，マットの寝返り動作に関する有効性を検証した。その結果から製品仕様の決定や改良に応用することを目的とする。

2.2 評価方法

2.2.1 ひのきすのこマットの仕様選定実験（実験 1）

寝返りがしやすく寝心地を損ねない，ひのきすのこマットの硬綿フレーム寸法と敷き布団寸法を選定するため，「寝返りのしやすさ」や「寝心地感」に関する官能評価実験を行った。評定方法としては，SD 法並びに一対比較法を用いた。同時に寝返り動作における踏力を計測した。

ひのきすのこマットの構成を，**図 7** に示す。実験 1 にて用いたフレームと敷き布団の寸法の組合せを**表 1** に示す。加圧，圧縮特性を**図 8** に示す。（手作業，目視における計測のため，参考程度とする。）

評価実験の詳細は次のとおりである。

○日時：平成 17 年 10 月 4 日〜6 日

○場所：広島県立東部工業技術センター　2 階講堂

○方法：6 つの組合せの試験マットを比較しやすいように並べ，被験者はマット上にて寝返り動作を行い，SD 法，一対比較法の質問紙に回答した。終了後，インタビューにてマットの印象等被験者のコメントを記録した。

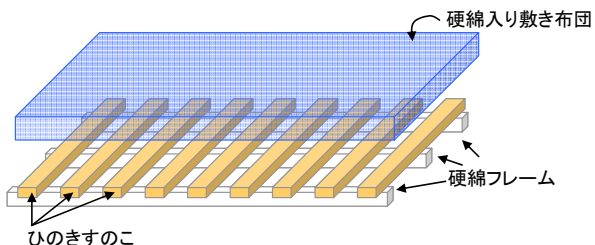



図 7　ひのきすのこマットの構成

表 1　フレームとマットの組み合わせ

		フレーム厚さ(mm)		
		30	50	70
敷き布団厚さ(mm)	40	A	C	E
	80	B	D	F

図 8　加圧圧縮特性

SD 法の評価項目は，「柔軟性（硬いー柔らかい），弾力性（弾力性のあるーない），安定性（不安定なー安定した），寝心地（寝心地の良いー悪い，寝返りのしやすさ(寝返りがしやすいーしにくい)嗜好性(好きー嫌い)」の 6 項目とし，それぞれ-3 から 3 までの評点を付けた。

一対比較法は，「寝返りのしやすさ」「寝心地」「好き嫌い」について，シェッフェ法（中屋の変法）を用い，6 種類の組合せの総当たり制にて相対評価した。

○モニタ：健康な男性 10 名。

2.2.2 他素材との比較検討実験（実験 2）

実験 1 にて把握した，寝返りがしやすく，寝心地も損なわないフレーム寸法と敷き布団寸法の最適な組合せで構成されたひのきすのこマットと低反発ウレタンマットレス，一般的な敷き布団（硬綿）の 3 種にて，寝返り動作における踏力を計測し，寝返り動作にかかる身体負担を推定した。

評価実験の詳細は次のとおりである。

○日時：平成 17 年 11 月 14 日〜16 日

○場所：広島県立東部工業技術センター　製品デザイン研究室

○方法：後に述べる実験 1 の結果より総合的に評価が高かった【C：フレーム厚 50mm，敷き布団厚 40mm】の組合せの「ひのきすのこマット」が，他素材のマット（敷き布団）と比較し，寝返りにかかる力がどの程度の差があるか検討するため，踏力の測定を行った（**図 9**）。製作した踏力計の上面を踏み込むことによって仰臥位から側臥位への寝返りを行い，その時の力を測定した。踏力計のロードセルは NEC 三栄社製（9E01-L33-100k）を用い，共和電業社製のインターフェイスボックス（PCD-300A）を介し，サンプリング周波数 200Hz にて PC に記録した。寝返りにかかる時間を一定にするため，約 3 秒にて寝返りするよう指示した。

○モニタ：健康な男性 8 名。29 才〜34 才（young group：4 名），46 才〜62 才（elder group：4 名）

実験に用いたマット(敷き布団)の構成を**図 10** に示す。

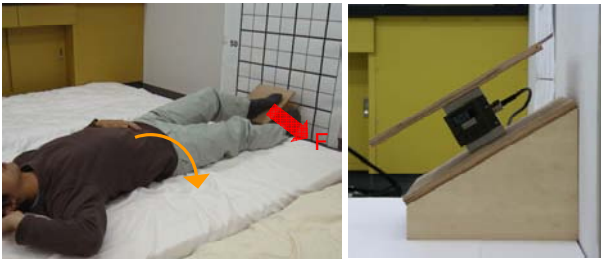



図 9　踏力測定の様子（左）と踏力計（右）

詳細は次のとおりである。
〇すのこ条件：すのこフレーム（50mm）＋ひのきすのこ（10mm）＋硬綿敷き布団（40mm）：合計 100mm
〇低反発ウレタン条件：畳（60mm）＋低反発ウレタン（60mm）：合計 120mm
〇ふとん条件：畳（60mm）＋硬綿敷き布団（80mm）：合計 140mm

図 10　試験マットの構成
（左：ふとん条件，中：ウレタン条件，右：すのこ条件）

2. 3　研究結果

2. 3. 1　ひのきすのこマットの仕様選定実験

一対比較法の結果を図 11 に示す。

寝返りのしやすさは，A が B，D より有意に寝返りしやすく，寝心地のよさは，C, D, F が，A, B より有意に寝心地が良く，好き嫌い（総合評価）は，C が，A, B より，F は A より有意に総合評価が良い結果となった。

以上を総合的に判断すると，各項目で評価が高い，【C：フレーム厚 50mm，敷き布団厚 40mm】の組合せが，すのこマットの仕様構成として適当であると考える。

2. 3. 2　他素材との比較検討実験

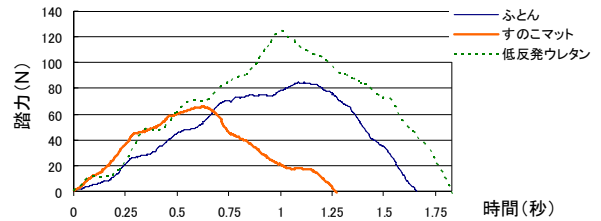
踏力波形のサンプルを図 12 に示す。評価項目は，最大値，所要時間，力積とする。ここでの所要時間は，踏力が再び「0」になるまでの時間とする。

最大踏力，寝返りにかかる所要時間，力積の平均値と標準偏差を図 13 に示す。

図 11 一対比較法の結果（破線は有意差を示す。）

図 12　踏力波形サンプル

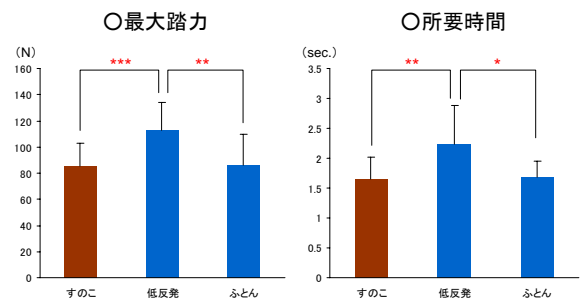
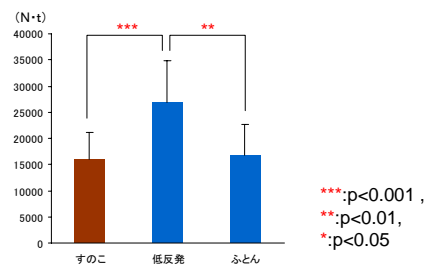



図 13　踏力結果

一元配置の分散分析により，各条件間に有意差が認められた。対応のある t 検定により，「すのこ－低反発ウレタン」，「ふとん－低反発ウレタン」間に差が認められた。

・寝返り動作にかかる最大踏力は，すのこマット，ふとんより低反発の方がその値は高い。

・寝返り動作にかかる所要時間は，すのこマット，ふとんより低反発の方が長時間を要する。

・寝返り動作にかかる力積は，すのこマット，ふとんより低反発の方がその値は高い。

（すのこは，ふとんと比較し有意水準が高く，より明確な差が見られた。）

つまり，すのこマットは，今回比較した低反発ウレタンより，寝返り動作にかかる力やエネルギーを必要とせず身体負荷が少ないと考える。

次に踏力の年齢による比較結果を示す。被験者の年齢にて，4 名ずつ young グループと elder グループに分け，

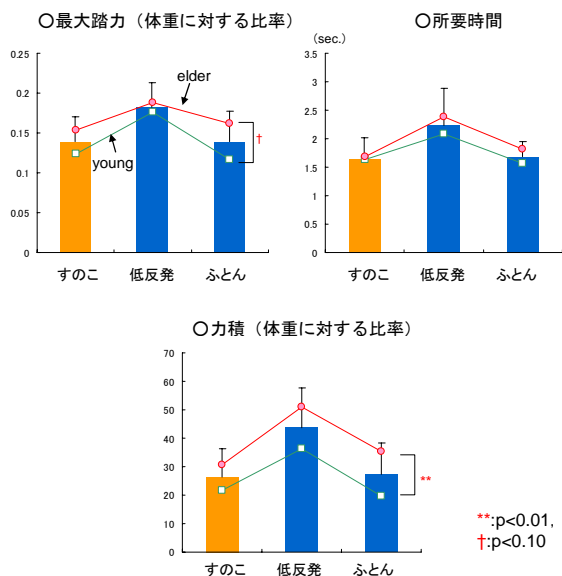



図 14　踏力結果（年齢による比較）

年齢による比較を行った（図 14）。個人差をなくすために，踏力を体重にて正規化した値を用いる（図中では，8名分の平均値は，棒グラフにて表示し，young グループ，elder グループの平均値は，それぞれ緑折れ線，赤折れ線グラフにて表示）。

二元配置の分散分析により，最大踏力，力積にて年齢条件間に有意差が認められた。t 検定により，ふとんの力積にて，young グループと elder グループに有意差が認められた。ふとんにおける寝返り動作での力積は，年齢の若い方がその値は小さい。つまり，ふとんでの寝返りは，年齢によって必要な力積（エネルギー）が変化するが，すのこでは，年齢に関係なく，寝返りができる可能性が示唆される。

2.4 事例 2 のまとめ

「ひのきすのこマット」について，実験 1 にて，寝返りがしやすく，寝心地を損ねないマットの仕様構成【C：フレーム厚 50mm，敷き布団厚 40mm】を決定することができた。実験 2 では，実験 1 で決定した仕様のマットを用い，低反発ウレタンや布団との踏力の比較を行い，試作マットは，比較した低反発ウレタンより寝返りにおいて身体負担が少ない結果となった。また，すのこマットは，必要な踏力に年齢差がないため，加齢による寝返りのしやすさの低下は見られず，高齢者にとっても寝返りのしやすいマットであると考えられる。

また，寝返り動作にかかる身体負担の計測方法は，筋電図を用いた事例があるが，寝返り動作は布団との接触などでノイズが入りやすく，電極貼付など被験者への負担も大きい。本実験では，踏力を評価指標として用いたが，体の沈みこみが大きいウレタンと比較し，踏力に差があったため，寝返りの評価指標として有効な方法であることが確認できた。

4. 結　　言

1）家具メーカから依頼された 2 つの受託研究を通し，製品ならびに試作品の検証実験から機能の有効性の確認や改善点を抽出した。

2）人間工学実験やユーザ使用評価など，他の機関と連携することでノウハウを蓄積し，今後の研究開発やメーカへの支援体制を確立することができた。

謝　　辞

本研究は，広島県立保健福祉大学（現：県立広島大学保健福祉学部）の大塚教授，金井講師，長谷川助手に 3 次元動作解析と関節モーメントの算出に関して計測協力いただきました。尾道市公立みつぎ総合病院リハビリテーションセンターの村上次長はじめスタッフの方々にモニタ協力いただきました。また，福岡県工業技術センターインテリア研究所の石川氏に寝姿勢に関わる資料提供を受けました。ここに，改めて深謝いたします。